

This Page Is Inserted by IFW Operations
and is not a part of the Official Record

BEST AVAILABLE IMAGES

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images may include (but are not limited to):

- BLACK BORDERS
- TEXT CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES
- FADED TEXT
- ILLEGIBLE TEXT
- SKEWED/SLANTED IMAGES
- COLORED PHOTOS
- BLACK OR VERY BLACK AND WHITE DARK PHOTOS
- GRAY SCALE DOCUMENTS

IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.

**As rescanning documents *will not* correct images,
please do not report the images to the
Image Problems Mailbox.**

THIS PAGE BLANK (USPTO)



DEUTSCHES
PATENT- UND
MARKENAMT

12 Patentschrift
10 DE 197 55 009 C 1

51 Int. Cl.⁶:
H 01 L 33/00 B3
H 01 L 21/205

21 Aktenzeichen: 197 55 009.6-33
22 Anmeldetag: 11. 12. 97
43 Offenlegungstag: -
45 Veröffentlichungstag
der Patenterteilung: 19. 8. 99

Innerhalb von 3 Monaten nach Veröffentlichung der Erteilung kann Einspruch erhoben werden

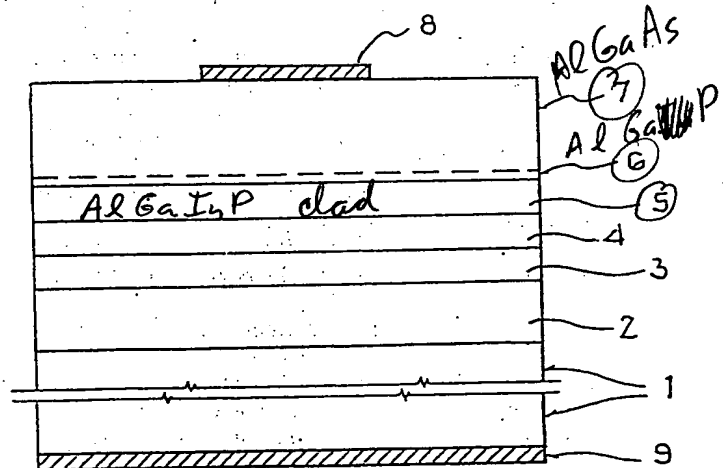
73 Patentinhaber:
Vishay Semiconductor GmbH, 74072 Heilbronn, DE

72 Erfinder:
Geng, Christian, Dr., 74080 Heilbronn, DE; Renz,
Helmuth, Dr., 71737 Kirchberg, DE; Gerner, Jochen,
Dipl.-Phys., 69168 Wiesloch, DE; Off, Jürgen,
Dipl.-Phys., 70734 Fellbach, DE; Scholz, Ferdinand,
Dr., 70599 Stuttgart, DE

56 Für die Beurteilung der Patentfähigkeit in Betracht
gezogene Druckschriften:
US 56 31.475 A1
"Appl.Phys.Lett." 61 (1992) 1045-47;

54 Verfahren zum Herstellen einer Halbleiteranordnung für Leuchtdioden

57 Zur Auskopplung der emittierten Strahlung, zur lateralen Verteilung des elektrischen Stroms in den Halbleiterschichten und zur Passivierung ist eine Fensterschicht der Komposition $\text{Al}_y\text{Ga}_{1-y}\text{P}$ vorgesehen; diese gitterfehlangepasste Fensterschicht soll auf eine der gitterangepassten Halbleiterschichten aus AlGaInP verspannungs- und versetzungsarm mit hoher Qualität aufgebracht werden. Hierzu wird in einem ersten Prozeßschritt bei einer ersten, niedrigen Prozeßtemperatur (T_1) auf die gitterangepasste Halbleiterschicht (5) aus AlGaInP eine dünne polykristalline Nukleationsschicht (6) der Komposition $\text{Al}_x\text{Ga}_{1-x}\text{P}$ aufgebracht. In einem zweiten Prozeßschritt bei einer zweiten, hohen Prozeßtemperatur (T_2) wird die dünne polykristalline Nukleationsschicht (6) auskristallisiert. In einem dritten Prozeßschritt wird auf die kristalline Nukleationsschicht (6) bei einer Prozeßtemperatur (T_3) die Fensterschicht (7) der Komposition $\text{Al}_y\text{Ga}_{1-y}\text{P}$ abgeschieden.



DE 197 55 009 C 1

DE 197 55 009 C 1

Die Erfindung betrifft ein Verfahren zum Herstellen einer Halbleiteranordnung für Leuchtdioden nach dem Oberbegriff des Patentanspruchs 1, wie es aus der US 5,631,475 bekannt ist.

Halbleiteranordnungen für Leuchtdioden (LEDs), die Halbleiterschichten mit hohem Aluminiumgehalt aufweisen, benötigen eine auf der äußersten Halbleiterschicht der Halbleiteranordnung unmittelbar unterhalb des Vorderseitenkontakts aufgebrachte transparente Halbleiterschicht mit großer Schichtdicke, die als "Fensterschicht" eine größeren Bandlücke als die Energie der emittierten Strahlung aufweist. Diese transparente Halbleiterschicht (Fensterschicht) dient zur Auskopplung der emittierten Strahlung, zur lateralen Verteilung des elektrischen Stroms in den Halbleiterschichten (hierdurch kann der Strom unter dem Vorderseitenkontakt hervorgeführt werden) und zur Passivierung (insbesondere zum Schutz der aluminiumhaltigen Halbleiterschichten gegen Korrosion).

Beispielsweise wird bei Halbleiteranordnungen für rotgrüne LEDs mit auf einem GaAs-Substrat aufgetragenen quaternären Halbleiterschichten aus AlGaInP (durch Wahl der Komposition der AlGaInP-Halbleiterschichten kann einerseits eine Gitteranpassung an die Gitterkonstante des GaAs-Substrats erfolgen und andererseits der Wellenlängenbereich der emittierten Strahlung variiert werden) üblicherweise eine transparente Halbleiterschicht (Fensterschicht) aus GaP aufgebracht, da dieser Verbindungshalbleiter im Wellenlängenbereich der emittierten Strahlung (in diesem Spektralbereich) transparent ist und eine gute elektrische Leitfähigkeit besitzt; aus der Literaturstelle "Appl. Phys. Lett.", 61 (1992), 1045-1047, ist das Aufbringen einer derartigen Fensterschicht aus GaP auf gitterangepaßte Halbleiterschichten aus AlGaInP bekannt.

Probleme beim Aufwachsen einer transparenten Halbleiterschicht (Fensterschicht) aus GaP auf eine gitterangepaßte Halbleiterschicht aus AlGaInP entstehen jedoch aufgrund der unterschiedlichen Gitterkonstanten dieser Verbindungshalbleiter (Gitterkonstante von GaP ca. 0.545 nm, Gitterkonstante von AlGaInP ca. 0.565 nm): infolge dieser Gitterfehlanpassung bilden sich Versetzungen im Kristallgitter, die sowohl direkt beim Wachstum der transparenten Halbleiterschicht (Fensterschicht) als auch – bedingt durch die unterschiedlichen thermischen Ausdehnungskoeffizienten dieser Verbindungshalbleiter – beim anschließenden Abkühlvorgang zu Verspannungen im Kristallgitter führen; daneben können die Versetzungen die Diffusion von Dotierstoffen hin zur für die Emission der Strahlung verantwortlichen aktiven Halbleiterschicht begünstigen und hierdurch eine Degradation der LED verursachen.

Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, ein Verfahren zum Herstellen einer Halbleiteranordnung für Leuchtdioden gemäß dem Oberbegriff des Patentanspruchs 1 anzugeben, mit dem eine gitterfehlangepaßte transparente Halbleiterschicht (Fensterschicht) auf eine an ein GaAs-Substrat gitterangepaßte Halbleiterschicht aus AlGaInP verspannungs- und versetzungsarm mit hoher Qualität aufgebracht werden kann.

Diese Aufgabe wird gemäß der Erfindung durch die Merkmale im Kennzeichen des Patentanspruchs 1 gelöst.

Vorteilhafte Weiterbildungen des Verfahrens sind Bestandteil der weiteren Patentansprüche.

Beim Verfahren zum Herstellen einer Halbleiteranordnung für Leuchtdioden wird nach dem Abscheiden von gitterangepaßten Halbleiterschichten aus AlGaInP auf ein GaAs-Substrat nacheinander in aufeinanderfolgenden Prozessschritten

- auf die dem GaAs-Substrat gegenüberliegende oberste Halbleiterschicht aus AlGaInP eine als "Nukleationsschicht" dienende dünne polykristalline Halbleiterschicht mit der Komposition $\text{Al}_x\text{Ga}_{1-x}\text{P}$ bei einer ersten, niedrigen Prozeßtemperatur (Wachstumstemperatur) sukzessiv in Monolagen abgeschieden,
- in einem Ausheilschritt die dünne polykristalline Halbleiterschicht bei einer zweiten, hohen Prozeßtemperatur (in Analogie zu einem Temperprozeß) auskristallisiert, d. h. die zunächst polykristalline Halbleiterschicht kristallisiert bei der zweiten, hohen Prozeßtemperatur (beim Tempern) in der bereits festen Phase aus; vorzugsweise wird diese Kristallisierung (der Ausheilschritt) unter Stabilisierung mit PH_3 durchgeführt, um eine ggf. auftretende Zersetzung der phosphorhaltigen Halbleiterschichten der Halbleiteranordnung zu vermeiden. Da die Versetzungen im Kristallgitter sich durch den Ausheilschritt (durch das Tempern) gegenseitig auslöschen anstatt weiter zu wachsen, bedingt dies eine Reduzierung der Versetzungen und demzufolge auch einen Abbau der Verspannungen,
- auf die kristalline Halbleiterschicht der Komposition $\text{Al}_x\text{Ga}_{1-x}\text{P}$ eine als Fensterschicht dienende gitterfehlangepaßte transparente Halbleiterschicht mit der Komposition $\text{Al}_y\text{Ga}_{1-y}\text{P}$ bis zur gewünschten Schichtdicke aufgebracht.

Die Komposition $\text{Al}_x\text{Ga}_{1-x}\text{P}$ der polykristallinen Halbleiterschicht (Nukleationsschicht) kann durch Variation des Parameters x in einem weiten Bereich geändert werden, wobei der Bereich von $x = 0$ bis $x = 1$ gewählt werden kann; vorteilhafterweise wird jedoch ein bestimmter Aluminiumanteil in der Nukleationsschicht vorgegeben ($x \neq 0$), bspw. $x = 0.1$, d. h. ein Aluminiumanteil von 10%. Beim Vorhandensein von Aluminium in der polykristallinen Halbleiterschicht (Nukleationsschicht) wird nämlich die Bekeimung der Oberfläche der obersten gitterangepaßten Halbleiterschicht aus AlGaInP verbessert, da Aluminiumatome eine geringere Oberflächenbeweglichkeit (Diffusionskonstante) als Galliumatome haben und somit ein besseres Anwachsen auf die oberste gitterangepaßte Halbleiterschicht aus AlGaInP bzw. eine bessere Bedeckung dieser obersten gitterangepaßten Halbleiterschicht möglich ist. Die Schichtdicke der polykristallinen Halbleiterschicht (Nukleationsschicht), d. h. die Anzahl der abzuschneidenden Monolagen, richtet sich nach der Zeitdauer des Abscheidevorgangs und beträgt bspw. bis zu 50 nm.

Der Temperaturbereich für die erste, niedrige Prozeßtemperatur zum Aufbringen der polykristallinen Halbleiterschicht (Nukleationsschicht) wird vorzugsweise im Bereich von 350°C bis 500°C gewählt. Der Temperaturbereich für die zweite, hohe Prozeßtemperatur zum Auskristallisieren der polykristallinen Halbleiterschicht (Nukleationsschicht) wird vorzugsweise im Bereich von 850°C bis 900°C gewählt.

Die Komposition $\text{Al}_y\text{Ga}_{1-y}\text{P}$ der transparenten gitterfehlangepaßten Halbleiterschicht (Fensterschicht) kann durch Variation des Parameters y in einem weiten Bereich geändert werden, wobei der Bereich von $y = 0$ bis $y = 1$ gewählt werden kann. Die Komposition der gitterfehlangepaßten Halbleiterschicht (Fensterschicht) kann unabhängig von der Komposition der polykristallinen Halbleiterschicht (Nukleationsschicht) vorgegeben werden (d. h. die Parameter x und y können unabhängig voneinander gewählt werden); vorzugsweise wird jedoch in der polykristallinen Halbleiterschicht (Nukleationsschicht) ein höherer Aluminiumanteil, als in der gitterfehlangepaßten Halbleiterschicht (Fensterschicht) gewählt, d. h. der Aluminiumanteil in der gitterfeh-

langepaßten Halbleiterschicht (Fensterschicht) wird gegenüber dem Aluminiumanteil in der polykristallinen Halbleiterschicht (Nukleationsschicht) reduziert ($y < x$). Der Temperaturbereich beim Abscheiden der gitterfehlangepaßten Halbleiterschicht (Fensterschicht) wird beispielsweise im Bereich von 780°C bis 800°C gewählt.

Das Wachstum der Halbleiterschichten der Halbleiteranordnung auf dem GaAs-Substrat, insbesondere der Halbleiterschichten aus AlGaInP, der polykristallinen Halbleiterschicht (Nukleationsschicht) aus $\text{Al}_x\text{Ga}_{1-x}\text{P}$ und der gitterfehlangepaßten Halbleiterschicht (Fensterschicht) aus $\text{Al}_y\text{Ga}_{1-y}\text{P}$, wird vorzugsweise mittels metallorganischer Gasphasenepitaxie (MOVPE) in einem MOVPE-Reaktor durchgeführt. Durch die katalytische Zerlegung der Substanzen bei der ersten, niedrigen Prozeßtemperatur entsteht das gewünschte Schichtenwachstum der polykristallinen Halbleiterschicht (Nukleationsschicht) in Monolagen (bspw. 60 Monolagen mit einer Dicke von 20 nm bis 30 nm), die beim Erhöhen der Temperatur (d. h. bei der zweiten Prozeßtemperatur) auskristallisieren.

Beim erfindungsgemäßen Verfahren kann vorteilhafterweise

- aufgrund der signifikanten Reduzierung der Versetzungen und des Abbaus der Verspannungen im Kristallgitter eine gute räumliche Verteilung und eine hohe Intensität (Ausbeute) der emittierten Strahlung der LED erreicht werden,
- aufgrund der Verringerung der Versetzungsdichte eine starke Reduzierung von Degradationseffekten und hierdurch bedingt eine hohe Lebensdauer der LED erreicht werden.

Das Verfahren wird im folgenden anhand eines Ausführungsbeispiels im Zusammenhang mit der Zeichnung beschrieben.

Hierbei zeigt die Fig. 1 den schematischen Aufbau der Halbleiteranordnung für eine Leuchtdiode (LED) mit deren Halbleiterschichten und die Fig. 2 ein zeitliches Temperaturprofil für die verschiedenen Prozeßschritte bei der Herstellung der Halbleiteranordnung.

In der Fig. 1 ist der vertikale Aufbau der Halbleiteranordnung (die Leuchtdiodenstruktur) schematisch dargestellt. Die Halbleiterschichten 2, 3, 4, 5, 6 und 7 der Leuchtdiodenstruktur werden mittels metallorganischer Gasphasenepitaxie (MOVPE "MetalOrganic Vapor Phase Epitaxy") in einem Epitaxiereaktor (MOVPE-Reaktor) auf ein N-dotiertes GaAs-Substrat 1 abgeschieden:

- Das GaAs-Substrat 1 als Grundkörper für das sukzessive Abscheiden der Halbleiterschichten 2, 3, 4, 5, 6 und 7 der Leuchtdiodenstruktur besitzt bspw. eine Dotierungskonzentration von $n \approx 10^{18} \text{ cm}^{-3}$ und eine Schichtdicke von (zunächst) 450 µm; die Schichtdicke des GaAs-Substrats 1 wird nach der Herstellung der Leuchtdiodenstruktur durch mechanisches Dünnen (Läppen) auf bspw. 200 µm reduziert.
- Direkt auf dem GaAs-Substrat 1 ist als erste Halbleiterschicht der Leuchtdiodenstruktur eine Bragg-Reflektorschicht 2 mit N-Dotierung angeordnet, die als frequenzselektiver Spiegel zur Reflexion der in Richtung GaAs-Substrat 1 (und dort absorbierten) emittierten Strahlung dient. Die Bragg-Reflektorschicht 2 ist aus mehreren $\text{Al}_a\text{Ga}_{1-a}\text{As}$ -Schichten mit alternierender Komposition zusammengesetzt, wobei die $\text{Al}_a\text{Ga}_{1-a}\text{As}$ -Schichten jeweils als $\lambda/4$ -Schichten gewählt werden, d. h. die Schichtdicken der $\text{Al}_a\text{Ga}_{1-a}\text{As}$ -Schichten werden von der Wellenlänge λ der emittier-

ten Strahlung (und vom jeweiligen Brechungsindex) festgelegt. Bspw. besitzt die Bragg-Reflektorschicht 2 eine Dotierungskonzentration von $n \approx 10^{18} \text{ cm}^{-3}$ und eine Schichtdicke von ca. 900 nm; bspw. ist eine Schichtenfolge aus 10 Doppelschichten mit je zwei Einzelschichten der alternierenden Komposition AlAs und $\text{Al}_{0.5}\text{Ga}_{0.5}\text{As}$ vorgesehen, die in Abhängigkeit der Wellenlänge λ der emittierten Strahlung als $\lambda/4$ -Schichten (Einzelschichten) bzw. als $\lambda/2$ -Schichten (Doppelschichten) gewählt werden: bei einer Wellenlänge λ der emittierten Strahlung von bspw. 550 nm beträgt die Schichtdicke einer AlAs-Schicht ca. 47 nm, die Schichtdicke einer $\text{Al}_{0.5}\text{Ga}_{0.5}\text{As}$ -Schicht ca. 41 nm, die Schichtdicke der Doppelschicht ca. 88 nm und die gesamte Schichtdicke der Bragg-Reflektorschicht 2 ca. 880 nm, bei einer Wellenlänge λ der emittierten Strahlung von bspw. 630 nm beträgt die Schichtdicke einer AlAs-Schicht ca. 51 nm, die Schichtdicke einer $\text{Al}_{0.5}\text{Ga}_{0.5}\text{As}$ -Schicht ca. 45 nm, die Schichtdicke der Doppelschicht ca. 96 nm und die gesamte Schichtdicke der Bragg-Reflektorschicht 2 ca. 960 nm.

– Auf der Bragg-Reflektorschicht 2 ist die untere Mantelschicht 3 ("cladding-Schicht") angeordnet, die als Ladungsträgerbarriere zur aktiven Schicht 4 hin dient, d. h. zur Vermeidung des Abflusses von Ladungsträgern aus der aktiven Schicht 4 – bspw. bei einer LED mit negativem Substrat 1 zur Vermeidung des Abflusses der positiven Ladungsträger "Löcher" aus der aktiven Schicht 4. Die untere Mantelschicht 3 besteht aus N-dotiertem gitterangepaßtem Halbleitermaterial der Komposition $(\text{Al}_b\text{Ga}_{1-b})\text{InP}$; die Komposition der unteren Mantelschicht 3 wird durch Vorgabe von b so gewählt (bspw. $b = 0.5$ bis 1), daß die Energielücke der unteren Mantelschicht 3 höher als die der aktiven Halbleiterschicht 4 ist und somit die gewünschte Barriere für die Ladungsträger erreicht wird. Bspw. besitzt die N-dotierte untere Mantelschicht 3 eine Dotierungskonzentration von $n \approx 5 \cdot 10^{17} \text{ cm}^{-3}$ und eine Schichtdicke im Bereich von 500 bis 1000 nm, wobei bspw. eine Komposition AlInP ($b = 1$) oder $(\text{Al}_{0.66}\text{Ga}_{0.34})\text{InP}$ ($b = 0.66$) gewählt wird.

– Auf der unteren Mantelschicht 3 ist die undotierte aktive Halbleiterschicht 4 angeordnet, die zur Emission der Strahlung dient; die aktive Halbleiterschicht 4 kann aus einer einzelnen Schicht der Komposition $(\text{Al}_c\text{Ga}_{1-c})\text{InP}$ oder aus mehreren Quantenfilmen mit Barrieren bestehen. Bspw. besitzt die aktive Halbleiterschicht 4 eine Schichtdicke von 600 nm; durch Wahl der Komposition der aktiven Halbleiterschicht 4 kann der Wellenlängenbereich der emittierten Strahlung bspw. von 550 nm bis 650 nm variiert werden, wobei bspw. für die Emission von Strahlung der Wellenlänge $\lambda = 590 \text{ nm}$ eine Komposition $(\text{Al}_{0.27}\text{Ga}_{0.73})\text{InP}$ ($c = 0.27$) gewählt wird.

– Auf der aktiven Halbleiterschicht 4 ist die obere Mantelschicht 5 ("cladding-Schicht") angeordnet, die wie die untere Mantelschicht 3 als Ladungsträgerbarriere zur aktiven Schicht 4 hin dient, d. h. zur Vermeidung des Abflusses von Ladungsträgern aus der aktiven Schicht 4 – bspw. bei einer LED mit negativem Substrat 1 zur Vermeidung des Abflusses der negativen Ladungsträger "Elektronen" aus der aktiven Schicht 4. Die obere Mantelschicht 5 besteht aus P-dotiertem gitterangepaßtem Halbleitermaterial der Komposition $(\text{Al}_d\text{Ga}_{1-d})\text{InP}$; die Komposition der oberen Mantelschicht 5 wird durch Vorgabe von d so gewählt (bspw. $d = 0.5$ bis 1), daß die Energielücke der oberen Mantelschicht 5 höher als die der aktiven Halbleiterschicht 4

ist und somit die gewünschte Barriere für die Ladungsträger erreicht wird. Bspw. besitzt die P-dotierte obere Mantelschicht 5 eine Dotierungskonzentration von $p \approx 7 \cdot 10^{17} \text{ cm}^{-3}$ und eine Schichtdicke im Bereich von 500 bis 1000 nm, wobei bspw. eine Komposition AlInP ($d = 1$) oder $(\text{Al}_{0.66}\text{Ga}_{0.34})\text{InP}$ ($d = 0.66$) gewählt wird.

– Auf der oberen Mantelschicht 5 wird eine als Nukleationsschicht dienende dünne Halbleiterschicht 6 aus P-dotiertem $(\text{Al}_x\text{Ga}_{1-x})\text{P}$ polykristallin abgeschieden, bspw. werden 60 Monolagen mit einer gesamten Schichtdicke von 20 nm bis 30 nm abgeschieden. Die Komposition dieser Halbleiterschicht 6 wird so gewählt, daß ein signifikanter Aluminiumanteil in der Halbleiterschicht 6 vorhanden ist ($x \neq 0$), so daß die für das weitere Schichtenwachstum erforderliche Bekeimung der Oberfläche der oberen Mantelschicht 5 verbessert wird; bspw. wird für die Halbleiterschicht 6 die Komposition $(\text{Al}_{0.1}\text{Ga}_{0.9}\text{P})\text{P}$ ($x = 0.1$) vorgegeben, d. h. die Halbleiterschicht 6 enthält einen Aluminiumanteil von 10%.

– Nach der Kristallisierung der Halbleiterschicht 6 wird auf diese Halbleiterschicht 6 die als Fensterschicht dienende gitterfehlerangepaßte Halbleiterschicht 7 mit der Komposition $(\text{Al}_y\text{Ga}_{1-y})\text{P}$ abgeschieden; bspw. beträgt die Dotierungskonzentration der Halbleiterschicht 7 $p \approx 3 \cdot 10^{18} \text{ cm}^{-3}$, die Schichtdicke der Halbleiterschicht 7 liegt im Bereich von 5 bis 12 μm (bspw. bei 10 μm). Die Komposition der Halbleiterschicht 7 wird bspw. zu $\text{Al}_{0.01}\text{Ga}_{0.99}\text{As}$ ($y = 0.01$) gewählt, d. h. die Halbleiterschicht 7 enthält einen Aluminiumanteil von 1%.

– Nach dem Abscheiden der Halbleiterschichten 2 bis 7 der Halbleiteranordnung (der Leuchtdiodenstruktur) wird auf das GaAs-Substrat 1 der Rückseitenkontakt 9 ganzflächig und auf die Halbleiterschicht 7 (Fensterschicht) der Vorderseitenkontakt 8 strukturiert aufgebracht, bspw. mittels Aufdampfen und Einlegieren. Der Rückseitenkontakt 9 besteht bspw. aus einer AuGe-Verbindung, der Vorderseitenkontakt 8 bspw. aus einer AuZn-Verbindung; hierdurch werden ohmsche Kontakte auf der jeweiligen Halbleiterschicht gebildet, d. h. der Rückseitenkontakt 9 bildet mit dem als N-Dotierstoff wirkenden Ge auf dem N-dotierten GaAs-Substrat 1 einen ohmschen Kontakt und der Vorderseitenkontakt 8 bildet mit dem als P-Dotierstoff wirkenden Zn auf der P-dotierten Halbleiterschicht 7 (Fensterschicht) einen ohmschen Kontakt.

Gemäß dem in der Fig. 2 dargestellten zeitlichen Verlauf der Reaktortemperatur des MOVPE-Reaktors wird folgendes zeitliches Temperaturprofil für die verschiedenen Prozeßschritte bei der Herstellung der Halbleiteranordnung (dem Abscheiden der Halbleiterschichten 2 bis 7 der Leuchtdiodenstruktur) vorgegeben:

- die Halbleiterschichten 2, 3, 4 und 5 der Leuchtdiodenstruktur werden im MOVPE-Reaktor auf das N-dotierte GaAs-Substrat 1 bei einer Abscheidetemperatur T_0 von bspw. 720°C bis 750°C im Zeitintervall Δt_0 sukzessive abgeschieden; bei einer gesamten Schichtdicke der Halbleiterschichten 2, 3, 4 und 5 von bspw. 3 μm und einer Wachstumsrate im MOVPE-Reaktor von bspw. 3 $\mu\text{m/h}$ beträgt das Zeitintervall Δt_0 (die Epitaxiedauer) bspw. 60 Minuten.
- Nach dem Abscheiden der Halbleiterschichten 2, 3, 4 und 5 der Leuchtdiodenstruktur wird die Reaktortemperatur des MOVPE-Reaktors auf die erste Prozeßtemperatur T_1 im Bereich von 350°C bis 550°C abgesenkt,

bspw. auf 400°C; nach Erreichen der ersten Prozeßtemperatur T_1 wird im Zeitintervall Δt_1 (Zeitintervall Δt_1 bspw. 1 Minute) die P-dotierte polykristalline Halbleiterschicht 6 (Nukleationsschicht) aus $\text{Al}_x\text{Ga}_{1-x}\text{P}$ mit einer Schichtdicke von bis zu 50 nm (bspw. von 30 nm) abgeschieden.

– Anschließend wird die Reaktortemperatur des MOVPE-Reaktors auf die zweite Prozeßtemperatur T_2 im Bereich von 850°C bis 900°C erhöht, bspw. auf 850°C; bei dem bei der zweiten Prozeßtemperatur T_2 stattfindenden Ausheilschritt (Temperprozeß) im Zeitintervall Δt_2 (Zeitintervall Δt_2 bspw. 5 Minuten) können sich die Atome der polykristallinen Halbleiterschicht 6 durch Rekristallisation derart umordnen (Wachstum aus der festen Phase), daß die infolge der Gitterfehlangepassung der Halbleiterschicht 6 bezüglich der oberen gitterangepaßten Mantelschicht 5 entstehenden Verspannungen abgebaut werden.

– Für das endgültige Wachstum der Halbleiterschicht 7 aus P-dotiertem $(\text{Al}_y\text{Ga}_{1-y})\text{P}$ im Zeitintervall Δt_3 wird die Reaktortemperatur des MOVPE-Reaktors auf die dritte Prozeßtemperatur T_3 im Bereich von 780°C bis 800°C abgesenkt, bspw. auf 780°C. Bei einer Schichtdicke der Halbleiterschicht 7 von bspw. 10 μm und einer Wachstumsrate im MOVPE-Reaktor von bsp. 6 $\mu\text{m/h}$ beträgt das Zeitintervall Δt_3 (die Epitaxiedauer) bspw. 100 Minuten.

Patentansprüche

1. Verfahren zum Herstellen einer Halbleiteranordnung für Leuchtdioden, bei dem auf einem GaAs-Substrat (1) mehrere an das GaAs-Substrat (1) gitterangepaßte Halbleiterschichten (3, 4, 5) aus AlGaInP sukzessiv abgeschieden werden, und bei dem anschließend auf den gitterangepaßten Halbleiterschichten (3, 4, 5) zwei weitere Halbleiterschichten mittels metallorganischer Gasphasenepitaxie abgeschieden werden, dadurch gekennzeichnet, daß nacheinander

– bei einer ersten, niedrigen Prozeßtemperatur (T_1) auf die dem GaAs-Substrat (1) gegenüberliegende oberste gitterangepaßte Halbleiterschicht (5) aus AlGaInP eine dünne polykristalline Halbleiterschicht (6) der Komposition $\text{Al}_x\text{Ga}_{1-x}\text{P}$ abgeschieden wird,

– bei einer zweiten, hohen Prozeßtemperatur (T_2) die dünne polykristalline Halbleiterschicht (6) auskristallisiert wird,

– und auf die kristalline Halbleiterschicht (6) bei einer dritten Prozeßtemperatur (T_3) eine Halbleiterschicht (7) der Komposition $\text{Al}_y\text{Ga}_{1-y}\text{P}$ abgeschieden wird.

2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die erste Prozeßtemperatur (T_1) im Bereich von 350°C bis 500°C gewählt wird.

3. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, daß die zweite Prozeßtemperatur (T_2) im Bereich von 850°C bis 900°C gewählt wird.

4. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 3, dadurch gekennzeichnet, daß x größer als y gewählt wird.

5. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 4, dadurch gekennzeichnet, daß die Kristallisierung der polykristallinen Halbleiterschicht (6) unter Stabilisierung

mit PH_3 vorgenommen wird.

Hierzu 1 Seite(n) Zeichnungen

5

10

15

20

25

30

35

40

45

50

55

60

65

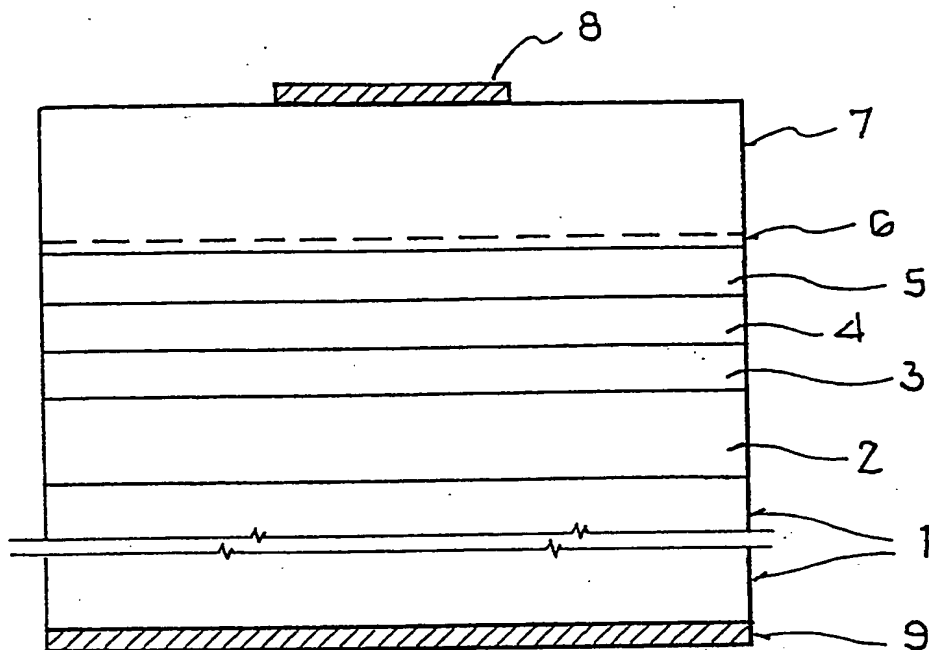


FIG. 1

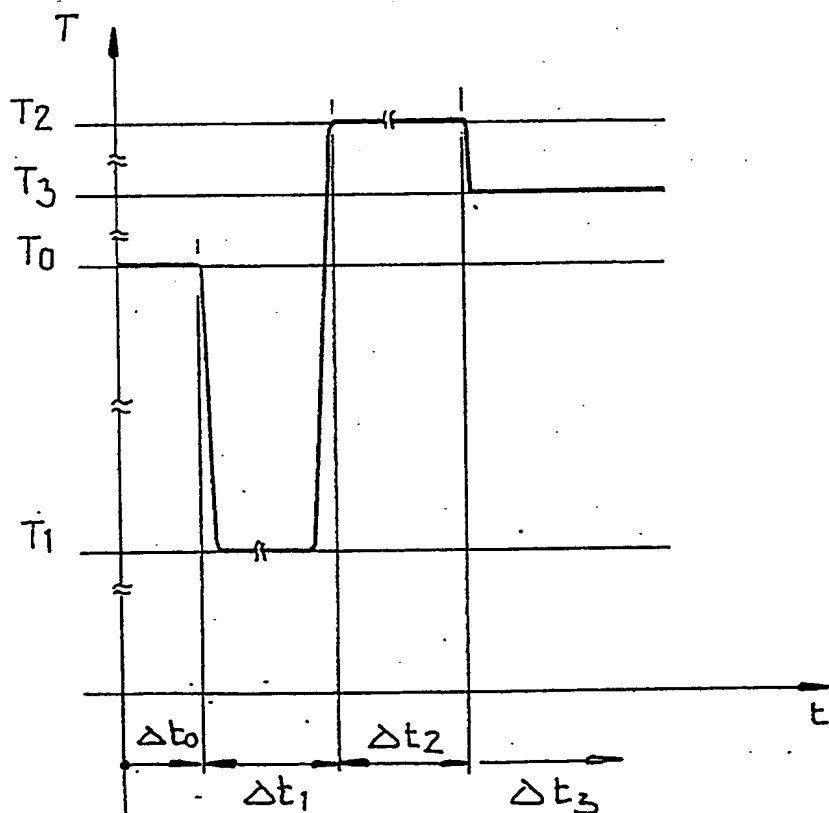


FIG. 2